

基于化学动力学理论的中深层地下水资源评价

——以四平市区为例

施枫芝, 迟宝明, 潘杰

(吉林大学 环境与资源学院, 长春 130026)

摘要:运用化学动力学和水动力学相结合的理论和方法,提取了反映中深层地下水的赋存环境特征、循环速度、资源量组成、可更新能力等方面的重要信息,并以此为依据进行了四平市区中深层地下水资源评价和补给能力分析。研究表明,目前四平市区该层地下水已经处于超采状态,四平市区中深层地下水具有补给能力较弱,补给资源有限,水循环滞缓的特点,作为供水水源缺乏保障性。

关键词:中深层;地下水;化学动力学;评价;补给

中图分类号:P641.8

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2007)05-0210-02

The Evaluation of Middle-and Deep-layer Groundwater Resource and the Analysis of Its Recharge Capability Based on the Theory of Chemical Dynamics

——A Case Study on the Urban Area of Siping City

SHI Feng-zhi, CHI Bao-ming, PAN Jie

(College of Environment & Resources, Jilin University, Changchun 130026, China)

Abstract: The information of the aquifer characteristics, the velocity of groundwater cycle, the composition of groundwater resources, the renewable capability of middle-and deep-layer groundwater is acquired by the theory and method of chemical dynamics and water dynamics, which are based on hydrogeological data and phreatic water and middle-and deep-layer groundwater chemical analysis data. According to these, the evaluation of the middle-and deep-layer groundwater resource and the analysis of its recharge capability have been completed in the urban area of Siping city. The results indicated that the middle-and deep-layer groundwater has been exploited extensively at present, and it has the characteristics with the weak recharge capability, the limited recharge resource and the slow water cycle, which has a lower assurance as the supply of water source.

Key words: middle-and deep-layer; groundwater; chemical dynamics; evaluation; recharge

四平市区位于吉林省中南部,地理位置东经 $124^{\circ}15' \sim 124^{\circ}30'$,北纬 $43^{\circ}5' \sim 43^{\circ}15'$ 。东南部为丘陵山区,西北部为平原,地势东高西低。总面积达 407 km^2 ,其中平原区面积为 208 km^2 ,山丘区面积为 199 km^2 。四平市属于资源型和水质型缺水的地区。区域地表水资源和浅层地下水开发利用程度较高,水质污染严重,可利用潜力不大。长期以来,中深层地下水是四平市区主要的供水水源。近年来,城区地下水的开采量较大,已形成了范围相对较大的降落漏斗,并有逐渐加深扩大的趋势,导致水的供需矛盾十分突出。本文采用化学动力学法,分区计算了水文地质参数,并在此基础上进行四平市区中深层水资源的的评价和补给能力分析,为四平市区中深层水的合理开发利用和水资源管理规划提供理论依据和技术支持。

1 研究区水文地质概况

四平市区在大地构造单元上处于新华夏系第二隆起带与第二沉降带衔接部位。东部丘陵区为隆起带,西部平原区

为松辽巨型沉降带。区内地层由上至下依次为第四系、白垩系下统、侏罗系和奥陶系,缺失第三系的白垩系上统地层,第四系与白垩系地层为不整合接触。

中深层地下水系指埋藏在 $50 \sim 300 \text{ m}$ 之间的地下水。四平市区靠近山前地带,为单斜蓄水构造,白垩系地层主要为泥岩、粉砂质泥岩夹粉细砂岩、细砂岩、中细砂岩、中砂岩、中粗砂岩、含砾中细砂岩、砂砾岩。其中的泥岩、粉砂质泥岩和各类岩相互交错沉积,具有一定的沉积韵律,泥岩、粉砂质泥岩构成了相对的隔水层,砂岩类则构成了相对含水层(图1)。含水层呈多层状,累计厚度为 $76 \sim 157 \text{ m}$,为中深层水主要的开采层位。含水层中的水,主要以侧向补给和潜水越流补给为主,以地下径流和人工开采为主要的排泄途径。

2 中深层地下水的补给来源分析

中深层地下水,埋藏相对较深,具有与浅层地下水水力联系微弱,循环速度缓慢,调蓄能力差,水质优良等特点。天然状态下,中深层地下水的补给来源于上层潜水的越流补

收稿日期:2006-08-22

作者简介:施枫芝(1983-),女,新疆塔城人,硕士研究生,主要从事水资源评价及规划研究。

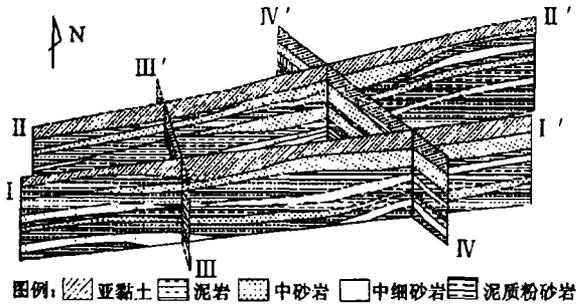


图 1 含水系统结构透视图

给、通过天窗的水交换和地下径流补给。在开采状态下,随着开采强度增大,地下水位下降,引起含水层弹性释水。水力梯度增大,潜水越流与地下径流量也随之增大。中深层地下水的补给源主要为弹性释水和激发的越流补给与地下径流补给(图 2)^[1,2]。

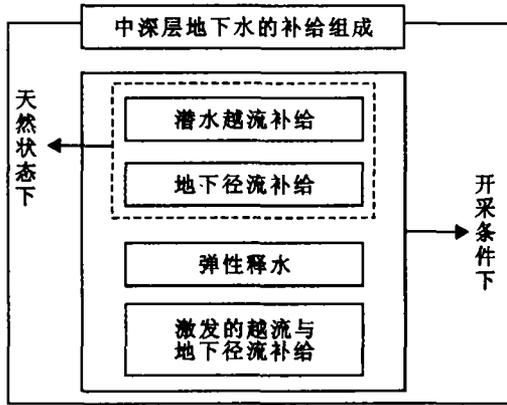


图 2 中深层地下水的补给组成结构图

3 中深层地下水资源评价

四平市含水层主要由白垩系泉头组、青山口组的砂岩、砂砾岩组成。含水层砂层薄,岩相变化大,决定了其水文地质条件的复杂性,同时给水文地质计算和资源评价也造成了很大困难。地下水化学动力学法是一种运用水化学资料,通过反映水中化学组分随水运动形成特点的化学势场信息计算水文地质参数的方法。它克服了由于勘察条件和经济技术水平的限制,导致的水文地质研究程度不一,水文地质参数空间分布控制程度差等问题。因此,本文采用化学动力学法进行了水文地质参数的计算,并在此基础上,对四平市市中深层地下水资源进行计算与评价。

3.1 化学动力学的数学模型

中深层地下水在含水层中赋存和运动时,其化学组分在水-岩作用,循环速度及深度,补给水源等因素的影响下,具有不同的存在状态。参数计算的数学模型为水文地质化学动力学方程式(1,2)^[3]。

$$\frac{da_i}{dt} = \sum_{j=1}^m v_{ij} k_j (1 - \beta_j) \quad (1)$$

式中: a_i ——水中 i 组分的活度; v_{ij} —— j 矿物对 i 组分的化学计量常数; k_j —— j 矿物溶解速度常数; β_j —— j 矿物在 t 时刻的溶解反应比率。

$$V_n = \frac{\Delta a_i}{\Delta t} = \sum_{j=1}^m F_{ij} \quad (2)$$

式中: V_n ——地下水法向速度; Δs —— i 组沿地下水流线方向运移的距离; F_{ij} ——在确定化学模型和化学反应下, j 矿物溶解时,贡献 i 组分的化学热力学和化学动力学方程式; j ——能形成 i 组分的矿物数。

3.2 水文地质参数的确定

利用均匀分布于研究范围中深层承压水采样点的水化学分析资料,对各点进行离子活度与矿物的饱和指数计算。进而运用水化学动力学理论(公式 1,2),进行参数的计算^[4-7]。参数计算的流程如图 3 所示。计算结果见表 1。

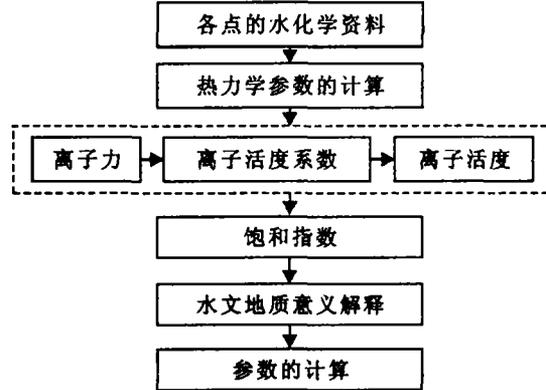


图 3 参数计算流程图

3.3 中深层地下水可采资源量计算

从中深层地下水资源供水的意义来说,最具有价值的是地下水循环交替过程中的可恢复部分。本文将采补均衡条件下的多年平均补给量乘以安全系数(0.8)作为中深层地下水的可开采资源量。四平市市中深层承压水的补给量 Q 包括开采条件下的潜水越流补给 Q_p 、侧向径流补给 Q_s 、弹性释水量 Q_e 。其计算公式为^[8-9]:

$$Q = Q_p + Q_s + Q_e \quad (3)$$

式中: Q_p ——潜水越流补给量; Q_s ——侧向径流补给量; Q_e ——弹性释水量。

表 1 参数计算结果表

水文地质区	参数区号	K/ (m· d ⁻¹)	T/ (m ² · d ⁻¹)	U/ (m· a ⁻¹)	含水层 有效厚度/ m
补给区	1	1.003	70.179	28.73	70
补给径流区	2	0.864	75.159	23.62	87
径流区	3	0.358	42.953	16.24	120

代入表 1 中的计算参数,各项补给资源量的计算结果见表 2。近年来,四平市将中深层地下水作为主要开采水源,大量消耗了深层地下水储量资源。2000 年四平市开采中深层地下水 $1478.3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,2003 年开采 $1595 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ 。从评价结果可以看出,目前四平市的中深层地下水已经处于超采状态。

4 中深层地下水的补给能力分析

从以上计算结果可以得到,四平市市中深层地下水的潜水越流补给量为 $265.34 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,地下水径流补给量为 $112.058 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,越流补给与地下水径流补给之和仅占

(下转第 238 页)

育,提高金太阳杏的果品产量。因此应根据当地条件选择适宜旱作保水技术措施达到增加产量和提高经济效益的目的。

表 1 不同旱作保水措施下对金太阳杏经济效益分析

处理	产量/ (kg· hm ⁻²)	产值元/ hm ²	增产率%	增加投入/ (元· hm ⁻²)	增加 净收入/ (元·hm ⁻²)
对 照	28020	56040	—	—	—
黑 膜	42660	88320	57.60%	4485	27795
白 膜	41385	82770	47.70%	3030	23700
覆 草	39705	79110	41.70%	2205	21180
保水剂	37935	75870	35.39%	3030	16800

4 结 论

(1)覆草处理 1 d 内的平均土壤温度为 18.15℃,覆黑膜的为 17.79℃,覆白膜的为 17.45℃,施入保水剂的为 16.83℃,而对照的为 16.68℃,说明覆草覆膜可以更好的起到增加和保持土壤温度,使果树根系在适宜的温度环境下生长,促进果树的开花结果。

(2)从 3 月 26 日、4 月 7 日、4 月 17 日、4 月 27 日的一个月无降雨条件下 4 次测定的平均土壤含水量变化幅度来看,覆黑膜处理的平均土壤含水量为 19.51%,覆白膜处理的为 19.44%,覆草处理的为 19.08%,保水剂处理的为 19.23%,对照为 18.36%,从 3 月 26 日、4 月 27 日两次测定的土壤含水量差值来看,对照下降 6.13%,保水剂下降 5.5%,覆草下降 4.88%,而覆黑膜和覆白膜下降 3.68%和 3.82%。说明覆草、覆膜、土壤施入保水剂能够防止土壤水

分蒸发,保持土壤水分,提高土壤水分的有效利用率。

(3)各处理的金太阳杏叶片蒸腾速率明显高于对照,说明覆膜、覆草、土壤施保水剂能够调节园内土壤温度,提高土壤湿度,改善土壤透气性,使土壤中的水、肥、气、热保持在适宜杏树根系生长发育的良好环境,吸水功能增强,增加杏树叶片的蒸腾速率,保证果树新陈代谢所需水分和养分的输送。

(4)覆黑膜、覆白膜、覆草和施保水剂的果品产量分别比对照增加了 57.60%,47.70%,41.70%,35.39%,净收入分别比对照增加了 27 795 元/hm²,23 700 元/hm²,21 180 元/hm²,16 800/hm²。可见覆黑膜增产和提高经济效益最好,覆白膜较好,覆草、施保水剂次之,这是由于旱作保水技术能有效地改善土壤的水、肥、气、热条件,使根系吸收充足的水分和养分,促进树体生长发育,增加金太阳杏的果品产量和提高经济效益。

参考文献:

[1] 刘春生,杨吉华.对板栗园树盘土壤双重覆盖的效应研究[J].农业工程学报,2004,20(1):69-71.
 [2] 林丽莎,韩士杰,王森,等.温度与土壤含水量对扩业红松林土壤呼吸影响[J].辽宁工程技术大学学报,2005,25(2):297-300.
 [3] Singh J S,Gupta S R. Plant decomposition and soil respiration in terrestrial ecosystems[J]. Botany Review, 1977,43:449-528.
 [4] 王忠.植物生理学[M].北京:中国农业出版社,2000.

(上接第 211 页)

补给总量的 28.68%,地下水实际流速为 16.24~28.73 m/a。由此说明,四平市区中深层地下水循环速度缓慢,补给能力较弱,补给量有限。多年平均补给量仅为 1 315.81×10⁴ m³/a。在 1989~2003 年期间,四平市区中深层地下水水位下降变幅介于-16.12~9.3 m,年均天然补给强度为 2.32×10⁴~5.48×10⁴ m³/(a·km²)^[10]。

表 2 评价结果表 10⁴ m³/a

水文地质区	面积/ km ²	潜水越流弹性释水补给量	地下径流补给量	补给总量	可开采资源量
补给区 1	27.63	54.10	60.78		
补给区 2	49.54	101.73	544.94	112.058	1315.81
径流区 3	60.49	109.51	332.69		1052.64
合计	137.66	265.34	938.42	112.058	1315.81

5 结 论

(1)运用化学动力学法,获取了研究区的渗透系数,导水系数与地下水流速等参数,为中深层水资源评价做了有力的铺垫。

(2)四平市区的多年补给量为 1 315.81×10⁴ m³,可开采资源量为 1 052.64×10⁴ m³,目前已处于超采状态。

(3)四平市区中深层地下水具有补给能力较弱,补给资源有限,水循环滞缓的特点,作为供水水源缺乏保障性。

(4)目前开发利用中深层地下水对四平市区供水具有重要意义,但是中深层地下水弹性储量资源已被大量消耗,如不适度开采,水位会下降很快,环境地质问题也会随之而来。

参考文献:

[1] 张光辉,费宇红,陈宗宇,等.海河流域平原深层地下水补给特征及其可利用性[J].地质论评,2002,48(6):651-658.
 [2] 郭永海,沈照理,钟佐荣,等.从地面沉降论河北平原深层地下水资源属性及合理评价[J].地球科学——中国地质大学学报,1995,20(4):415-420.
 [3] 曹玉清,胡宽琮.岩溶化学环境水文地质[M].长春:吉林大学出版社,1994.
 [4] 曹剑峰,沈媛媛,平建华,等.地下水化学动力学法在大庆前进水源地球参中的应用[J].吉林大学学报(地球科学版),2006,36(1):96-102.
 [5] 段水云,吴慧芳.用地下水化学动力学方法计算出的水文地质参数来定量评价水文地质条件——以太原三给地垒及周围地区为例[J].水文地质工程地质,2001,(5):62-65.
 [6] 薛禹群.地下水动力学[M].北京:地质出版社,1979.
 [7] 段水云.地下水化学动力学方法运用过程中的若干问题探讨[J].煤田地质与勘探,2004,32(3):36-37.
 [8] 张志成,刘礼领.郑州北郊水源中深层地下水资源量的评价研究[J].城市勘测,2004,(2):41-45.
 [9] 张瑞,吴林高.地下水资源评价与管理[M].上海:同济大学出版社,1997.
 [10] 魏忠成,苑宝忠,高伟.四平市区地下水资源现状与分析[J].东北水利水电,2001,19(6):37,52.